

## PENGUJIAN MORTAR MUTU TINGGI SEBAGAI BAHAN PERKUATAN BETON

Fatmawati Amir\*

### **Abstract**

*Mortar, known as speci within mix sand or well aggregate, cement and water. Mortar in conctruction used for masonry, and etc. In general, mortar made with low strength, between 3-17 MPa and for high strength mortar needed more cement, where are they had relation of compressive strength and water absorption in the mortar. The relation of compressive strength, water absorption and weight density of mortar caused of water cement ratio, and the summed of cement and sand in mortar mixed. Objective of this research was to know the fit of proptert high strength mortar for concrete strengthening, where mortar had well workability and more supplied in Indonesia. Compressive strength test used cilindric specimen for concrete and mortar measured 300 mm in hight with 150 mm diameter. Pull out test for concrete used specimen like to the compressive strength test, pull out test for mortar made from cubicus specimen measured 150 mm x 150 mm x 150 mm. All specimen was tested to produce the compressive strenght and pull-out of steel in mortar and concrete. The result show that mortar as well as used for concrete strengthening. Where the compressive strength of mortar was 56,125 MPa highly from concrete as 196,83%. In pull-out test of steel for the two material had same value, therefor mortar was fit to added for concrete strengthening*

**Keyword:** mortar, strengthening, compressive strength, pull-out test of steel

### **1. Pendahuluan**

*Strengthening* atau perkuatan dilaksanakan untuk meningkatkan kekuatan maupun daktilitas struktur. Pekerjaan *strengthening* harus direncanakan dahulu sesuai dengan yang diinginkan dan harus memenuhi persyaratan teknis yang berlaku. untuk meningkatkan kemampuan tekan beton bisa dilaksanakan serupa dengan pekerjaan *jacketing* maupun *concreting*. Pekerjaan *jacketing* dan *concreting* umumnya menggunakan bahan berupa beton yang memiliki berat jenis cukup tinggi sehingga akan menambah dimensi dan berat dari struktur yang mengakibatkan struktur menjadi lebih kaku, sehingga kurang fleksibel dalam menerima gaya dinamis. Mortar memiliki keunggulan dalam hal kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan beton untuk perbandingan volume campuran dengan nilai fas tertentu, dan dapat mengalir, sehingga memudahkan dalam pelaksanaan pekerjaan di lapangan bila dibandingkan dengan beton. Selain itu, mortar memiliki berat jenis yang lebih kecil dibandingkan beton sehingga dengan dimensi yang sama,

penambahan berat akibat perkuatan dengan penambahan mortar tidak signifikan.

Pada penelitian ini dilakukan pengujian kuat tekan mortar dan beton untuk mengetahui efektivitas penambahan mortar dalam meningkatkan kapasitas lentur balok beton bertulang dengan penambahan komposit mortar sebagai salah satu alternatif metode perkuatan yang sudah ada. Perkuatan dengan metode ini, akan memberikan beberapa keuntungan yaitu dapat melindungi tulangan perkuatan dari pengaruh lingkungan luar secara langsung dan dapat dilakukan dengan cara yang lebih mudah dengan menggunakan mortar yang bersifat mengalir sehingga memudahkan pelaksanaannya di lapangan.

### **2. Tinjauan Pustaka**

Mortar (mortel atau spesi) adalah adukan yang diperoleh dengan mencampurkan sejumlah air pada adukan kering yang terdiri dari pasir atau

---

\* Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu

agregat halus dengan bahan pengikat seperti tanah liat, kapur, dan semen.

Penggunaan mortar dalam pekerjaan konstruksi antara lain sebagai berikut (Tjokrodimuljo, 2004) :

- 1). Digunakan pada pekerjaan bangunan untuk merekatkan batu bata, atau batako.
- 2). Pembuatan bata beton atau batako, genteng beton, buis beton, dan sebagainya.

Mortar yang digunakan untuk pekerjaan bangunan harus memiliki sifat-sifat seperti mudah dikerjakan, tahan terhadap rembesan air, melekat dengan baik, cepat kering, tahan lama, dan tidak timbul retak-retak setelah dipasang.

Mortar dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis (Tjokrodimuljo, 2004), yaitu :

- 1). Mortar lumpur, dibuat dari campuran air, tanah liat/lumpur, dan agregat halus. Perbandingan campuran bahan-bahan tersebut harus tepat untuk memperoleh adukan yang kelecakannya baik dan mendapatkan mortar (setelah keras) yang baik pula. Terlalu sedikit agregat halus (berarti terlalu banyak tanah liat) menghasilkan mortar yang cenderung retak-retak setelah mengeras karena susutan pengeringannya besar. Terlalu banyak agregat halus (berarti terlalu banyak tanah liat) menyebabkan adukan kurang plastis. Mortar lumpur dipakai untuk bahan dinding tembok atau bahan tungku api di pedesaan.
- 2). Mortar kapur, dibuat dari campuran air, kapur, dan agregat halus (dulu ditambahkan serbuk bata merah sebagai pozzolan). Kapur dan agregat halus mula-mula dicampur dalam keadaan kering, kemudian ditambahkan air. Air diberikan secukupnya agar diperoleh adukan yang kelecakannya baik. Selama proses pengerasan kapur mengalami susutan sehingga jumlah agregat halus umumnya dipakai 2 atau 3 kali volume kapur. Mortar ini biasanya dipakai untuk perekat bata merah pada dinding tembok bata, atau perekat antar pasangan batu.
- 3). Mortar semen, dibuat dari campuran air, semen portland, dan agregat halus dalam perbandingan campuran yang tepat. Perbandingan antara volume semen dan volume agregat halus berkisar antara 1 semen : 2 pasir dan 1 semen : 8 pasir. Mortar ini kekuatannya lebih besar daripada mortar lumpur atau mortar kapur, oleh karena itu biasanya dipakai untuk tembok, pilar, kolom atau bagian bangunan lain yang menahan

beban. Mortar semen ini lebih rapat air dibandingkan dengan dua mortar lainnya maka dapat dipakai untuk bagian luar bangunan dan bagian bangunan yang berada di bawah tanah (terkena air tanah).

Mortar mempunyai kuat tekan yang bervariasi sesuai dengan bahan penyusunnya dan perbandingan antara bahan-bahan penyusunnya. Pada umumnya kuat tekan mortar semen berkisar antara 3 – 17 MPa. Mortar semen mempunyai berat jenis antara 1800 – 2200 kg/m<sup>3</sup>. Untuk tujuan tertentu bahan tambah umumnya digunakan pada campuran beton dan mortar, bahan campur tambahan (*admixture*) adalah bahan yang bukan air, agregat, maupun semen, yang ditambahkan ke dalam campuran sesaat atau selama pencampuran. Fungsi bahan ini adalah untuk mengubah sifat-sifat beton agar menjadi cocok untuk pekerjaan tertentu, atau ekonomis, atau untuk tujuan lain seperti menghemat energi. Jenis bahan tambah yang paling utama (Nawy, 1990) adalah sebagai berikut :

- 1). Bahan tambah pemercepat (*accelerating admixtures*).
- 2). Bahan tambah untuk air-entraining (*air-entraining admixtures*).
- 3). Bahan tambah pengurang air dan pengontrol pengeringan.
- 4). Bahan tambah penghalus gradasi (*finely divided mineral admixtures*).
- 5). Bahan tambah untuk mengurangi dan menghapus slump.
- 6). Polimer.
- 7). Superplastisizer .

Wancik (2008), meneliti tentang mortar semen pada batako *styrofoam*, dengan perbandingan volume campuran mortar 1 : 1,5 dan nilai fas 0,4 dengan pemakaian pasir lolos ayakan 2,4 mm serta menggunakan bahan tambah viscocrete 1,5 % dari berat semen untuk kemudahan dalam pengerjaan. Dari 5 benda uji kubus berukuran 50 mm x 50 mm x 50 mm menghasilkan kuat tekan rata-rata 79,01 MPa.

Yulianingsih dalam Tjokrodimuljo (2004) meneliti sifat-sifat mortar semen dari pasir kasar dengan perbandingan volume campuran dan fas yang berbeda-beda, hasil penelitian memperlihatkan bahwa perbandingan volume campuran dan fas mempengaruhi kuat tekan, kuat tarik, serapan air dan berat jenis mortar semen. Widodo (2003), mengkaji pengaruh *sika viscocrete-5* (*superplasticizer* berbasis *polycarboxylate*)

terhadap sifat beton segar, kuat tekan, serapan air dan kuat lekat tulangan beton dibawah air. Nilai *slump* diuji dengan *slump cone*, *flowability* dilakukan dengan *flowtable test* dan *self compactability* dilakukan dengan *U-type test*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan *viscocrete* dapat meningkatkan kuat tekan, mengurangi serapan air dan mampu meningkatkan kuat lekat tulangan.

Timuranto (2001) dalam Tjokrodinuljo meneliti hubungan antara kuat tekan dan serapan air pada mortar. Semakin kecil serapan air berarti pori-pori dalam mortar lebih kecil/sedikit, sehingga kuat tekannya menjadi lebih besar. Hubungan antara kuat tekan, serapan air dan berat jenis mortar dipengaruhi oleh jumlah semen (perbandingan semen-pasir) dan faktor air semen (fas) yang digunakan dalam adukan mortar. Sifat-sifat mortar yang dijelaskan di atas memperlihatkan bahwa mortar memiliki keunggulan dalam hal kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan beton untuk perbandingan volume campuran dengan nilai fas tertentu, dan dapat mengalir, sehingga memudahkan dalam pelaksanaan pekerjaan di lapangan bila dibandingkan dengan beton. Selain itu, mortar memiliki berat jenis yang lebih kecil dibandingkan beton sehingga dengan dimensi yang sama, penambahan berat akibat perkuatan dengan penambahan mortar tidak signifikan.

Adapun mortar yang digunakan dalam penelitian ini memiliki kuat tekan 56,125 MPa, dengan komposisi campuran mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Hendra (2005) dan Wancik (2008).

### 3. Metode Penelitian

#### 3.1 Bahan penelitian

Bahan dan material yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat kasar dan halus (pasir merapi), semen tipe I, air, baja tulangan (D13), *viscocrete-10*.

#### 3.2 Peralatan penelitian

Alat-alat inti untuk penelitian antara lain:

- Satu set ayakan/saringan, digunakan untuk mendapatkan gradasi butir agregat halus (pasir) sesuai dengan yang disyaratkan.

- Slump Test Apparatus* (kerucut Abrams), digunakan untuk mengukur nilai *slump* campuran beton normal. Alat ini terbuat dari plat baja berbentuk kerucut terpancung dengan diameter atas 100 mm, diameter bawah 200 mm, tinggi 300 mm, dan dilengkapi dengan tongkat baja panjang 600 mm dan diameter 16 mm sebagai alat penumbuk. Pengujian slump beton berdasarkan SNI 03-1972-1990.
- Cetakan silinder beton, Cetakan yang dipakai terbuat dari baja dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Alat ini digunakan untuk membuat benda uji silinder beton dan mortar yang akan digunakan untuk pengujian mutu beton dan mutu mortar, serta benda uji *pull-out* beton
- Cetakan mortar, terbuat dari kayu dengan ukuran 150 mm x 150 mm x 150 mm. Alat ini digunakan untuk membuat benda uji *pull-out* tulangan baja dengan mortar.
- Compression Testing Machine* (alat uji tekan beton), digunakan untuk mengetahui nilai kuat tekan beton dan mortar.

*Universal Testing Machine* (UTM), digunakan untuk pengujian kuat lekat tulangan terhadap beton dan mortar. UTM ini dilengkapi dengan *plotter* untuk menggambarkan grafik tegangan dan regangan baja.

#### 3.3 Pelaksanaan penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

- Pembuatan *mix design* beton normal.

Pembuatan *mix design* beton normal dilakukan dengan kuat tekan rencana ( $f_c'$ ) 25 MPa dengan mengacu pada standar *American Concrete Institute* (ACI). Nilai slump yang diperoleh  $10 \pm 2$  cm dan dari hasil pengujian kuat tekan beton, diperoleh kuat tekan beton normal adalah 28,514 MPa.

- Pembuatan *mix design* mortar.

Pembuatan *mix design* mortar dilakukan dengan menggunakan komposisi campuran mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Hendra (2005) dan Wancik (2008), mortar yang digunakan dalam penelitian ini memiliki kuat tekan 56,125 MPa.



Gambar 1. Pengecoran Benda Uji

Tabel 1. Spesifikasi benda uji

Jenis Pengujian	Jumlah Benda Uji	Ukuran
Kuat Tekan Beton	3 buah	Silinder (150 mm x 300 mm)
Kuat Tekan Mortar	3 buah	Silinder (150 mm x 300 mm)
<i>Pull-out</i> baja-beton	3 buah tulangan diameter 13 mm	Silinder (150mmx300mm) dengan panjang penanaman 150 mm
<i>Pull-out</i> baja-mortar	3 buah tulangan diameter 13 mm	Kubus (150mmx150mmx150mm) dengan panjang penanaman 75 mm

Tabel 2. Hasil uji kuat tekan silinder beton

No	Kode	Tinggi (mm)	Diameter (mm)	Beban Maks (N)	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
1	SN-1	300	149	495	28,389	28,514
2	SN-2	301	150	540	30,558	
3	SN-3	290	150	470	26,597	

#### 4. Hasil dan Pembahasan

##### 4.1 Pengujian Kuat tekan beton

Pengujian kuat tekan silinder beton dilakukan setelah beton berumur 28 hari. Hasil uji kuat tekan silinder beton ditunjukkan pada Tabel 2.

Dari hasil pengujian kuat tekan 3 silinder diperoleh kuat tekan rata-rata sebesar 28,514 MPa.

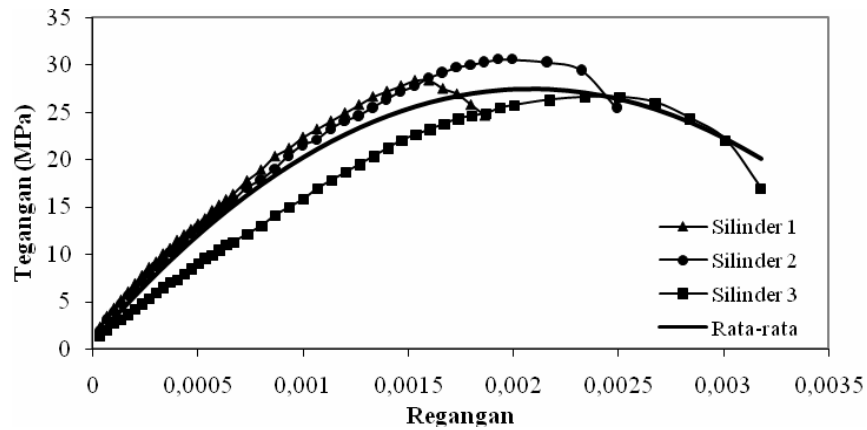
Dari pengujian tiga silinder dibuat kurva tegangan regangan seperti yang terlihat pada Gambar 2.

##### 4.2 Pengujian Kuat Tekan Mortar

Pengujian silinder mortar untuk memperoleh kuat tekan mortar dilakukan setelah berumur 28 hari dengan menggunakan

*Compression Testing Machine*. Hasil uji kuat tekan silinder mortar diperlihatkan pada Tabel.3.

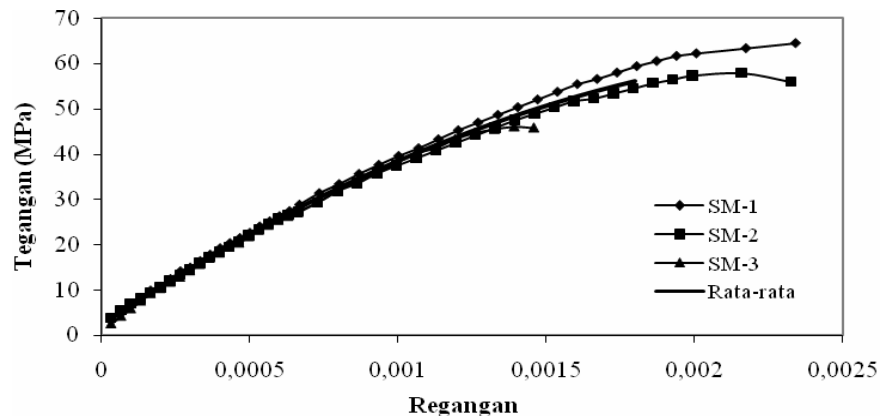
Dari hasil pengujian silinder mortar tersebut didapatkan kuat tekan rata-rata sebesar 56,125 MPa. Dari ketiga benda uji silinder dibuat kurva tegangan regangan seperti pada gambar 3.



Gambar 2. Grafik hubungan tegangan-regangan beton normal

Tabel.3. Hasil uji kuat tekan silinder mortar

No	Kode	Tinggi (mm)	Diameter (mm)	Beban Maksimum (kN)	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
1	SM-1	299	150	1140	64,511	56,125
2	SM-2	301	151	1035	57,796	
3	SM-3	302	151	825	46,069	



Gambar 3. Grafik hubungan tegangan regangan kuat tekan mortar

Tabel 4. Hasil uji kuat lekat baja tulangan dengan beton

No	Kode	Diameter Tulangan (mm)	Panjang Tul. Tertahan (mm)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Lekat (MPa)	Kuat Lekat rata-rata (MPa)
1	SN-1	12,54	150	60382	10,2181	11,4729
2	SN-2	12,54	150	71051	12,0235	
3	SN-3	12,54	150	71959	12,1772	

Tabel 5. Hasil uji kuat lekat baja tulangan dengan mortar (benda uji I)

NO	Beban lbs	Beban N	$\Delta s$ (mm) atas $\times 10^{-2}$	$\Delta$ (mm) bawah $\times 10^{-2}$	$\Delta c = \Delta - \Delta s$ (mm)
1	0	0	0,0	0	0,000
2	500	2270	0,0	1	0,010
3	1000	4540	0,5	40	0,395
4	1500	6810	0,5	85	0,845
5	2000	9080	0,5	130	1,295
6	2500	11350	0,5	170	1,695
7	3000	13620	0,5	202	2,015
8	3500	15890	0,5	234	2,335
9	4000	18160	0,5	264	2,635
10	4500	20430	0,8	285	2,843
11	5000	22700	0,8	310	3,093
12	5500	24970	2,5	330	3,275
13	6000	27240	3,5	350	3,465
14	6500	29510	6,0	370	3,640
15	6000	27240	59,0	550	4,910
16	5000	22700	59,0	590	5,310
17	4000	18160	59,0	675	6,160

maka kuat lekat tulangan adalah :

$$U_{av} = \frac{P_{lolos}}{\pi \cdot d \cdot L_d}$$

dengan

:  $U_{av}$  = kuat lekat tulangan (Mpa)

$P_{lolos}$  = Beban lolos (N)

$d$  = diameter tulangan (mm) = 12,54

$L_d$  = Panjang tulangan yang tertanam (mm) = 75

$$U_{av} = \frac{29510}{2954,66789} = 9,988 \text{ MPa}$$

Tabel 6. Hasil uji kuat lekat baja tulangan dengan mortar (benda uji II)

NO	Beban	Beban	$\Delta s$ (mm) atas	$\Delta$ (mm) bawah	$\Delta c = \Delta - \Delta s$ (mm)
	lbs	N	$\times 10^{-2}$	$\times 10^{-2}$	
1	0	0	0,0	0	0,000
2	200	908	0,50	2	0,015
3	400	1816	0,50	35	0,345
4	600	2724	0,50	65	0,645
5	800	3632	1,00	90	0,890
6	1000	4540	3,00	115	1,120
7	1200	5448	3,50	136	1,325
8	1400	6356	4,00	157	1,530
9	1600	7264	4,50	176	1,715
10	1800	8172	4,50	198	1,935
11	2000	9080	4,50	212	2,075
12	2200	9988	4,50	226	2,215
13	2400	10896	4,50	244	2,395
14	2600	11804	5,00	255	2,500
15	2800	12712	5,00	275	2,700
16	3000	13620	5,00	285	2,800
17	3200	14528	6,00	298	2,920
18	3400	15436	6,00	315	3,090
19	3600	16344	7,00	326	3,190
20	3800	17252	8,00	337	3,290
21	4000	18160	9,00	350	3,410
22	4200	19068	11,00	365	3,540
23	4400	19976	12,00	377	3,650
24	4600	20884	13,00	388	3,750
25	4800	21792	14,00	402	3,880
26	5000	22700	15,00	412	3,970
27	5200	23608	16,00	424	4,080
28	5400	24516	16,00	432	4,160
29	5600	25424	16,50	440	4,235
30	5800	26332	16,50	455	4,385
31	6000	27240	16,50	458	4,415
32	6200	28148	16,50	473	4,565
33	6400	29056	16,50	476	4,595
34	6600	29964	16,50	480	4,635
35	6800	30872	16,50	494	4,775
36	7000	31780	16,50	498	4,815
37	7200	32688	17,50	514	4,965
38	7400	33596	18,00	518	5,000

Tabel 6 (lanjutan)

NO	Beban lbs	Beban N	$\Delta s$ (mm) atas $\times 10^{-2}$	$\Delta$ (mm) bawah $\times 10^{-2}$	$\Delta c = \Delta - \Delta s$ (mm)
39	7600	34504	19,00	521	5,020
40	7800	35412	21,50	536	5,145
41	8000	36320	25,00	542	5,170
42	8060	36592,4	100,00	560	4,600
43	8060	36592,4	210,00	643	4,330

maka kuat lekat tulangan adalah :

$$U_{av} = \frac{36592,4}{2954,667891} = 12,38460678 \text{ MPa}$$

Tabel 7. Hasil uji kuat lekat baja tulangan dengan mortar (benda uji III)

NO	Beban lbs	Beban N	$\Delta s$ (mm) atas $\times 10^{-2}$	$\Delta$ (mm) bawah $\times 10^{-2}$	$\Delta c = \Delta - \Delta s$ (mm)
1	0	0	0,00	0	0,000
2	200	908	0,00	95	0,950
3	400	1816	0,00	112	1,120
4	600	2724	3,00	142	1,390
5	800	3632	7,00	170	1,630
6	1000	4540	9,00	193	1,840
7	1200	5448	10,00	212	2,020
8	1400	6356	13,00	228	2,150
9	1600	7264	13,00	243	2,300
10	1800	8172	13,00	253	2,400
11	2000	9080	13,25	272	2,588
12	2200	9988	14,00	282	2,680
13	2400	10896	16,00	294	2,780
14	2600	11804	17,00	304	2,870
15	2800	12712	18,00	315	2,970
16	3000	13620	19,00	327	3,080
17	3200	14528	21,00	339	3,180
18	3400	15436	24,00	345	3,210
19	3600	16344	24,50	355	3,305
20	3800	17252	27,50	367	3,395
21	4000	18160	31,50	381	3,495
22	4200	19068	32,00	386	3,540



Tabel 7. (lanjutan)

NO	Beban lbs	Beban N	$\Delta s$ (mm) atas $\times 10^{-2}$	$\Delta$ (mm) bawah $\times 10^{-2}$	$\Delta c = \Delta - \Delta s$ (mm)
23	4400	19976	36,50	399	3,625
24	4600	20884	36,50	403	3,665
25	4800	21792	42,50	416	3,735
26	5000	22700	42,50	420	3,720
27	5200	23608	48,00	435	3,870
28	5400	24516	48,00	440	3,865
29	5600	25424	53,50	455	4,010
30	5800	26332	54,00	458	4,040
31	6000	27240	54,00	463	4,035
32	6200	28148	59,50	479	4,190
33	6400	29056	60,00	482	4,210
34	6600	29964	61,00	487	4,195
35	6800	30872	67,50	506	4,375
36	7000	31780	68,50	510	4,380
37	7200	32688	72,00	517	3,870
38	7300	33142	130,00	550	4,100
39	5000	22700	140,00	556	3,960
40	4200	19068	160,00	560	3,680
41	3600	16344	192,00	600	4,080
42	3000	13620	192,00	637	6,370

maka kuat lekat tulangan adalah :

$$U_{av} = \frac{33142}{2954,667891} = 11,21682748 \text{ MPa}$$

Sehingga Rerata untuk Kuat lekat tulangan dengan mortar adalah :

$$U_{av \text{ rerata}} = \frac{33,58902038}{3} = 11,19634013 \text{ MPa}$$

Tabel 8. Hasil uji kuat lekat baja tulangan dengan mortar

No	Kode	Diameter Tulangan (mm)	Panjang Tul. Tertahan (mm)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Lekat (MPa)	Kuat Lekat rata-rata (MPa)
1	KBS-1	12,54	75	29510	9,9876	11,1963
2	KBS-2	12,54	75	36592.4	12,3846	
3	KBS-3	12,54	75	33142	11,2168	

#### 4.3 Pengujian Kuat Lekat Baja Tulangan

Pengujian kuat lekat baja tulangan dilakukan antara tulangan diameter 13 mm dengan beton dan mortar. Hasil pengujian pada beton dapat dilihat pada Tabel 4.

Untuk kuat lekat baja tulangan dengan mortar disajikan secara lengkap dalam bentuk tabel yang disajikan pada Tabel 5, Tabel 6, Tabel 7 dan Tabel 8.

Selanjutnya kesimpulan dari hasil uji kuat lekat baja tulangan dengan mortar ditabelkan pada Tabel 8.

Dari Tabel 4 dan Tabel 5 terlihat bahwa kuat lekat rata-rata tulangan D13 dengan beton adalah 11,4729 MPa, sedangkan nilai kuat lekat tulangan D13 dengan mortar adalah 11,1963 MPa. Melihat hasil kuat lekat antara tulangan D13 dengan beton maupun dengan mortar yang relatif sama, maka dapat disimpulkan bahwa mortar dapat digunakan untuk perkuatan menggantikan beton.

#### 5. Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil antara lain adalah sebagai berikut:

- Berdasarkan hasil uji kuat tekan beton dan mortar diperoleh bahwa nilai kuat tekan mortar adalah 56,125 MPa sedangkan kuat tekan beton yang diperoleh adalah 28,514 MPa atau kuat tekan mortar lebih tinggi sebesar 196,83% dari kuat tekan beton.
- Dari hasil uji kuat lekat tulangan baja terhadap kedua bahan diperoleh nilai 11,4729 MPa untuk beton dan 11,1963 MPa untuk mortar, dengan kata lain nilai ini tidak berbeda jauh sehingga penggunaan tulangan dalam mortar sebagai tambahan perkuatan lentur pada beton cukup layak untuk dipertimbangkan.
- Penggunaan mortar mutu tinggi sebagai bahan perkuatan beton sangat layak dengan pertimbangan bahwa mortar memiliki keunggulan dalam hal pengerjaannya dan bahannya tersedia melimpah di semua wilayah Indonesia

#### 6. Daftar Pustaka

ASTM, 2003, *Concrete and Aggregates*, Annual Book of ASTM, Vol.04.02, Philadelphia.

Badan Standarisasi Nasional, 2002, *Baja Tulangan Beton*. (SNI 07-2052-2002).

Dipohusodo, I, 1994, *Struktur Beton Bertulang*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Hendra., 2005, *Pengaruh Penggunaan Serutan Besi dengan Metode Preplaced Concrete pada Kuat Tekan, Kuat Tarik, dan Kuat Lentur*, Tesis Pasca Sarjana UGM, Jogjakarta

Nawy, Edward G., 1990, *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Mendasar* (diterjemahkan oleh Bambang Suryoatmono), Eresco, Bandung.

Paulay, T., and Priestley, M.I.N., 1992, *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Building*, John Wiley and Sons Inc, Canada.

Park, R., and Paulay, T., 1974, *Reinforced Concrete Structure*, Wiley Interscience Publication, New York.

PUBI, 1982, *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia*, Penerbit Yayasan LPMB, Bandung.

Timoshenko, Stepen P., dan Gere, J. M., 1987, *Mekanika Bahan*, Erlangga, Jakarta.

Tjokrodinuljo, K, 2004, *Teknologi Beton*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Triwiyono, A., 2004, *Evaluasi dan Rehabilitasi Bangunan Gedung*, Program Pascasarjana UGM, Jogjakarta.

Wancik, A., 2008, *Batako Styrofoam Komposit Mortar Semen*, Tesis Pasca Sarjana UGM, Jogjakarta

Widodo, S., 2003, *Pengaruh Sika Viscocrete-5 Terhadap Kuat Tekan, Serapan Air dan Kuat Lekat Tulangan Self Compacting Concrete di Bawah Air*, Tesis Pasca Sarjana UGM, Jogjakarta.